1917. № 80.

ИЗВѢСТІЯ
НИКОЛАЕВСКОЙ ГЛАВНОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРІИ.
Томъ VII, 8.

BULLETIN
DE L'OBSERVATOIRE CENTRAL NICOLAS À POULKOVO.
Vol. VII, 8.

Le système spectroscopique β Cephei d'aprés les spectrogrammes pris à Poulkovo.

Par B. HERASSIMOVITCH.

Les variations des vitesses radiales de l'étoile β Cephei ont été découvertes par M. Frost *) en 1906. Il a trouvé une période $0^{d}1905$ — c'est à dire la plus courte de toutes les périodes connues des étoiles doubles. Depuis lors on ne trouve aucune autre publication spéciale sur les vitesses de cette étoile intéressante. Cependant dans son ouvrage sur les variations de l'éclat des étoiles doubles spectroscopiques M. Guthnick **) indique quelques nouvelles époques des maximums des vitesses positives, tirées d'une communication personnelle de M. Frost. On voit de ces données, que l'Observatoire Yerkes possède les cinq séries des spectrogrammes de β Cephei — des années 1906, 1907, 1908, 1912 et 1914 (les quatres dernières séries sont inédites). D'aprés la série de 1906 M. Frost calcula la période et une orbite circulaire.

Ayant en vue la petitesse de la période et une assez grande amplitude des vitesses, il serait très interessant de faire les recherches sur cette étoile, en se basant sur les données, obtenues en 1914 à Poulkovo au moyen du 30 pouces par M. Bélopolsky. Ces données, que M. Bélopolsky avait la bonté de prêter en ma disposition consistent en 35 plaques. Les epreuves ont été obtenues au grand réfracteur à l'aide du spectrographe à trois prismes et de la chambre courte $\left(\frac{1}{4.5}\right)$, la dispersion etant: $1^{mm} = 30.2$ A° pour Hγ. Le temps de pose durait pour la plupart de 15 min. à 25 min.; il était ainsi assez court,

*) Aph. J. Vol. 24.
**) Annalen Berlin — Babelsberg. Vol. I.

ayant en vue les variations rapides des vitesses de cette étoile. Comme spectre de comparaison on employait toujours celui du Fer.

Le spectre est du type B très caractéristique; il contient les raies diffuses de H et celles de He, O et Mg — plus nettes. Toutes les raies se présentent toujours assez diffuses, ce qui diminue beaucoup la précision des mesures, en tenant compte de la faible dispersion employée.

D'après M. Frost les spectrogrammes de Yerkes de β Cephei montrent clairement les dédoublements des raies; les spectrogrammes de Poulkovo montrent parfois aussi ces dédoublements, mais ces derniers, que j'ai essayé de mésurer au moyen du microscope-micromètre, étaient irreguliers et problématiques; ainsi la dispersion employée ne nous a pas permis de trouver la solution définitive de cette question.

Quelques raies outre les deplacements périodiques montrent d'autres particularités. C'est la raie 448.1 μμ de Mg, qui semble varier dans son intensité. Quelques uns de ces spectrogrammes ne montrent ancune trace de cette raie, sur les autres elle est très nette, p. ex. comme la raie 447.2 μμ; et bien mésurable. Cependant le manque d'épreuves ne m'avait pas permis d'établir la période de ces variations. En achevant toutes les mesures et en déterminant les éléments préliminaires de l'orbite elliptique, j'ai trouvé une forte variation de γ, en la comparant avec la valeur publiée par M. Frost. Ayant en vue l'intérêt de ce resultat et pour établir la grandeur probable de l'erreur personnelle, M. Bélopolsky a bien voulu entreprendre une nouvelle série des mesures de ces spectrogrammes. Il avait la bonté de me prêter ses mesures pour les unir avec les miennes. Ainsi les resultats suivants sont basées sur les deux séries de mésures — la série de M. Bélopolsky (série B) et celle du soussigné (série H). La moyenne de 32 différences B — H donne la valeur — 1 km. avec une erreur moyenne ± 0.8 km., c'est à dire elle indique l'absence complète de la différence réelle B — H.

Toutes les mesures ont été effectuées au spectrocomparateur de M. Hartmann. On a choisi la plaque du 13 Octobre III comme plaque fondamentale, qui devait servir comme plaque de comparaison pour les mesures de toutes les autres plaques. Cette plaque était soumise à des recherches speciales par deux observateurs indépendamment. Nous avons determiné avec le plus grand soin le déplacement direct des raies de l'étoile aux raies du spectre de comparaison. La vitesse géocentrique de β Cephei, d'après cette plaque, était:

— 19.2 km. ± 1.9 km. (pour B)
— 18.3 km. ± 1.9 km. (pour H).

On employait pour ces recherches les raies principalles de H, He, O et Mg dans la région λ = 400 — 450 μμ.

Toutes les autres plaques ont été mesurées par une méthode usuelle au spectrocomparateur. On peut estimer que l'erreur moyenne de chaque plaque est $\pm$ 2 km. Ce résultat est trés satisfaisant, ayant en vue la faible dispersion de l'instrument et les formes assez diffuses de toutes les raies.

Soit Δ — le déplacement d'une raie de la plaque donnée par rapport à la même raie de la plaque fondamentale, exprimée en parties d'une division du tambour de la vis micrométrique. Nous trouvons la vitesse relative en km. pour cette raie — $v_{1\lambda}$ par la formule:

$$v_{1\lambda} = K\Delta = \frac{299860\ (\lambda - 328.715)^{3/2}}{\lambda\ [2.8690672]}\ \Delta.$$

Les valeurs de K pour les diverses longeurs des ondes sont données plus loin.

Soient:

v_0 — le déplacement en km. des raies de la plaque fondamentale (nous avons $v_0 = -19$ km.).

v_1 — la moyenne de $v_{1\lambda}$.

v_a — la réduction des vitesses au Soleil (d'aprés la table de M. Schlesinger). La vitesse héliocentrique v — sera en km.:

$$v = v_1 + v_0 + v_a$$

On trouve plus loin les mesures de M. Bélopolsky (B) et de l'auteur (H).

β Cephei 1914.

9 Octobre I.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	—2.5	—2.6	—16	—17
407.0	}	} —2.8		—19
407.6	} —2.4	}	—17	
408.9	}			
Hδ	}	—2.8		—20
412.1	} —2.5		—19	
414.4	}	—2.4		—19
Hγ	—2.3	—2.3	—23	—23
438.8	—1.8	—2.2	—19	—23
447.2	—1.6	—1.4	—19	—16
			—19	—20
moyenne			—20	
v_0			—19	
v_a			+ 3	
v				—36 km.

9 Octobre II.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	—1.4	—2.1	— 9	—13
407.0	}	} —1.6		—11
407.6	} —1.3	}	— 9	
Hδ	}	—2.6		—19
412.1	} (—2.2)		(—17)	
414.4	}	—2.6		—20
Hγ		—2.3		—23
438.8	—1.0	—1.6	—11	—17
447.2	—0.2	—0.8	— 2	— 9
			— 8	—16
moyenne			—12	
v_0			—19	
v_a			+ 3	
v				—28 km.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
9 Octobre III.				
402.6	—0.2	+1.4	— 1	+ 9
407.0 407.6	—0.0	+1.6	0	+11
412.1 414.4	0.0		0	
425.4	—0.3		— 3	
Hγ	—0.6	—0.2	— 6	— 2
438.8	—1.3	—1.0	—14	—11
447.2	—1.0	—0.4	—12	— 4
			— 5	+ 1
		moyenne	— 2	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—18 km.	
9 Octobre IV.				
402.6	—0.8	—0.1	— 5	— 1
407.0	+1.2		+ 8	
407.6	+1.2	+0.9	+ 8	+ 6
408.9	—0.2		— 1	
Hδ	—0.2		— 1	
Hγ	+0.2	+0.2	+ 2	+ 2
438.8	—0.6	—0.1	— 6	— 1
447.2	+0.6	+0.5	+ 7	+ 6
			+ 1	+ 2
		moyenne	+ 2	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—14 km.	
10 Octobre I.				
402.6	+0.9	—0.2	+ 6	— 1
407.0	+0.6		+ 3	
407.6	+0.6		+ 4	
408.9 Hδ	+0.8	+0.8	+ 9	+ 6
414.4	+0.7	—0.3	— 5	— 2
Hγ	—1.3	+0.8	—13	+ 8
438.8	+0.2	+1.2	+ 2	+13
447.2	+0.8	+0.8	+ 9	+13
			0	+ 6
		moyenne	+ 3	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—13 km.	

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
10 Octobre II.				
402.6	+0.5		+ 3	
407.0	+2.0		(+14)	
Hδ	+0.6		+ 4	
Hγ	+0.2		+ 2	
438.8	+0.6		+ 6	
			+ 4	
		moyenne	+ 4	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—12 km	
10 Octobre III.				
402.6	+2.1	+1.3	+13	+ 8
407.0	+0.8		+ 6	
407.6		+0.3		+ 2
Hδ	—0.4	0	— 3	0
414.4		—0.5		— 4
Hγ	+0.7	—1.0	+ 7	—10
438.8	—0.8	+0.5	— 8	+ 5
447.2	+0.2	+0.1	+ 2	+ 2
			+ 3	0
		moyenne	+ 2	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—14 km	
10 Octobre IV.				
402.6	+1.8	+2.2	+12	+14
407.0	+1.1		+ 8	
407.6		+1.8		+13
Hδ	+0.4	+1.0	+ 3	+ 7
412.1	+0.3		+ 2	
414.4		+0.4	+ 2	+ 3
Hγ	+0.2	+1.0	+ 2	+10
438.8	0.0	+0.3	0	+ 3
447.2	+0.8	+0.7	+ 9	+ 8
			+ 5	+ 8
		moyenne	+ 6	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—10 km.	

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
Hγ	−2.9	−3.4	−29	−34
438.8	−1.6	−1.5	−17	−16
447.2		−2.1		−24
			−27	−28
moyenne			−28	
v_0			−19	
v_a			+ 1	
v			−46 km.	

20 Octobre III.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−0.7	−1.2	− 4	− 7
407.0	−2.2		−15	
407.6		−1.1		− 8
Hδ	−2.4	−1.1	−17	− 8
412.1	} −3.0		−22	
414.4		−1.2		− 9
Hγ	−1.6	−1.1	−16	−11
438.8	−1.9	−1.4	−20	−15
447.2	−2.0	−1.4	−23	−17
			−17	−11
moyenne			−14	
v_0			−19	
v_a			+ 1	
v			−32 km.	

21 Octobre I.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−2.1	−2.3	−13	−15
407.0	} −2.2		−15	
407.6		−2.6		−17
Hδ	−2.2	−2.4	−16	−18
412.1	} −2.8		−21	
414.4		−2.8		−21
Hγ	−1.6	−1.6	−16	−16
438.8	} −1.2	−1.7	−13	−18
447.2		−1.0		−12
			−16	−17
moyenne			−16	
v_0			−19	
v_a			+ 1	
v			−34 km	

21 Octobre II.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−0.8	−1.9	− 5	−12
407.0	} −1.8		−12	−11
407.6		−1.4		
Hδ	−3.2	−1.7	−23	−12
412.1	} −2.2	−1.4	−17	
414.4				−11
Hγ	−0.7	−1.3	− 7	−13
438.8	−1.0	−0.3	−11	− 3
447.2	−1.1	−0.2	−13	− 2
			−13	− 9
moyenne			−11	
v_0			−19	
v_a			+ 1	
v			−29 km.	

21 Octobre III.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−2.2	+0.4	−14	+ 2
407.0	−0.3		− 2	
407.6		−0.1		− 1
Hδ	−1.5	−2.0	−11	−14
412.1	} −1.4		−11	
414.4		−0.9		− 7
426.8	−1.6	−0.6	−14	− 6
			−10	− 5
moyenne			− 8	
v_0			−19	
v_a			+ 1	
v			−26 km.	

Table pour convertir les «Δ» en km.

λ	K (Δ=1)	λ	K (Δ=1)
402.6	6.40 km.	425.4	9.05 km.
407.0	6.90 »	426.8	9.22 »
407.6	6.97 »	Hγ	10.10 »
408.9	7.12 »	438.8	10.67 »
Hδ	7.27 »	447.2	11.69 »
412.1	7.48 »	448.1	11.81 »
414.4	7.76 »		

On trouve dans la table I le temps moyen de Poulkovo et les vitesses trouvées relativement au Soleil:

T a b l e I.

№	Temps moyen de Poulkovo.	v.	№	Temps moyen de Poulkovo.	v.
1	Octobre 9; 22^h7	— 36 km.	19	Octobre 13; 23^h3	— 28 km.
2	» » 23.1	— 28 »	20	» » 23.6	— 19 »
3	» » 23.5	— 18 »	21	» » 23.9	— 16 »
4	» » 23.9	— 14 »	22	» 16; 23.2	— 39 »
5	» 10; 22.4	— 13 »	23	» » 23.6	— 45 »
6	» » 22.6	— 12 »	24	» » 23.8	— 41 »
7	» » 22.9	— 14 »	25	» » 24.1	— 35 »
8	» » 23.3	— 10 »	26	» 17; 23.1	— 37 »
9	» » 23.6	— 17 »	27	» » 23.4	— 31 »
10	» 11; 22.6	— 13 »	28	» » 23.7	— 29 »
11	» » 22.9	— 18 »	29	» » 24.0	— 16 »
12	» » 23.2	— 23 »	30	» 20; 23.9	— 46 »
13	» » 23.5	— 28 »	31	» » 24.3	— 46 »
14	» » 23.8	— 38 »	32	» » 24.5	— 32 »
15	» 12; 23.0	— 40 »	33	» 21; 23.4	— 34 »
16	» » 23.2	— 43 »	34	» » 23.7	— 29 »
17	» » 23.5	— 42 »	35	» » 24.0	— 26 »
18	» » 23.8	— 42 »			

Pour la construction de la courbe de vitesses nous nous servirons de la période $P = 0^d.190479$, qui d'après M. Frost satisfait bien aux observations en 1906 — 1914. Pour le moment initial nous nous servirons de l'époque de maximum des vitesses positives en 1912, trouvée par M. Frost (voir l'ouvrage de M. Guthnick), c'est à dire 1912, Avril 29, 19^h45^m temps moyen de

Greenwich. En reduisant cette époque pour le moment initial des observations à Poulkovo, nous obtenons, comme l'époque initiale de notre courbe: $T_0 = 2420415.217$ J. D.

Table II.

№	$t-T_0$	v.	№	$t-T_0$	v.
11	$0^d.004$	— 18 km.	34	$0^d.101$	— 29 km.
12	.016	— 23 „	27	.102	— 31 „
13	.029	— 28 „	19	.110	— 28 „
14	.041	— 38 „	2	.112	— 28 „
22	.048	— 39 „	35	.114	— 26 „
15	.050	— 40 „	28	.115	— 29 „
16	.061	— 43 „	20	.122	— 19 „
23	.063	— 45 „	22	.126	— 13 „
17	.075	— 42 „	29	.128	— 16 „
24	.076	— 41 „	3	.129	— 18 „
30	.077	— 46 „	21	.133	— 16 „
31	.082	— 46 „	6	.138	— 12 „
18	.087	— 42 „	4	.145	— 14 „
25	.087	— 35 „	7	.151	— 14 „
33	.088	— 34 „	8	.164	— 10 „
26	.090	— 37 „	9	.177	— 17 „
32	.094	— 32 „	10	.181	— 13 „
1	.096	— 36 „			

Dans la table II les plaques sont rangées d'aprés l'ordre de $t - T_0$, exprimée en partie de la journée.

En combinant les observations (toutes les observations sont prises avec les poids égaux), nous obtenons la table suivante des lieux normaux.

Table III.

Lieux normaux.

$t-T_0$	v.	$t-T_0$	v.
$0^d.004$	—18.0 km.	$0^d.091$	—34.3 km.
.016	—23.0 „	.102	—31.0 „
.029	—28.0 „	.115	—26.0 „
.046	—39.0 „	.128	—15.7 „
.062	—44.0 „	.139	—14.0 „
.078	—43.8 „	.158	—12.0 „
.087	—38.5 „	.179	—15.0 „

J'ai tracé d'après cette table une courbe des vitesses, puis j'ai trouvé, d'aprés la methode de Lehmann — Filhés, les éléments suivants de l'orbite:

$\gamma = -26.1$ km. $Z_1 = 162$; $Z_2 = -158$
$A = 14.1$ km. $e = 0.16$
$B = 19.4$ km. $\omega = 184^\circ.5$
$K = 16.8$ km. $T\pi = 0^d.068$
$u_1 = 80^\circ.9$ km. a. sini $= 43400$ km.

Ainsi j'ai obtenu:

$$T\pi = 2420415.285 \text{ J. D.}$$
$$T\Omega = 2420415.375 \text{ J. D.}$$

Puis j'ai calculé d'aprés ces éléments l'éphéméride pour 14 moments de nos lieux normaux. La table suivante montre les écarts entre l'observation et le calcul.

Ayant en vue la faible dispersion de l'instrument et la forme diffuse des raies, nous pouvons être satisfaits par ces résultats.

Table IV.

$t - T\pi$	V calc.	V obs.	Obs. — Calc.
$0^d.010$	—43.3 km.	—43.8 km.	— 0.5 km.
.019	—39.0 „	—38.5 „	+ 0.5 „
.023	—36.7 „	—34.3 „	+ 2.4 „
.034	—30.0 „	—31.0 „	— 1.0 „
.048	—22.3 „	—26.0 „	— 3.7 „
.060	—17.3 „	—15.7 „	+ 1.6 „
.071	—14.2 „	—14.0 „	+ 0.2 „
.090	—11.9 „	—12.0 „	— 0.1 „
.111	—13.6 „	—15.0 „	— 1.4 „
.126	—17.6 „	—18.0 „	— 0.4 „
.138	—22.4 „	—23.0 „	— 0.6 „
.151	—29.1 „	—28.0 „	+ 1.1 „
.168	—39.0 „	—39.0 „	0.0 „
.184	—45.1 „	—44.0 „	+ 1.1 „

Il est très intéressant de comparer les époques de maximum $\frac{dz}{dt}$ négatives avec celles de maximum d'éclat, données par M. Guthnick.

En reduisant l'époque de M. Guthnick, en nous basant sur la période admise, nous obtenons l'époque du maximum d'éclat: $T_m = 2420415.261$ J. D.

Le moment du passage par le noeud descendant, déduit de nos vitesses était: T☋ = 2420415.284 J. D.

Ainsi le maximum d'éclat précède le passage par le noeud descendant de $0^d.023$, ce qui s'accorde avec le résultat de Guthnick—Frost (T☋ — $T_m = 0^d.033$) et les données de M. Hellerich sur quelques étoiles Cepheides.

Prenant comme base le moment T☊ = 2417398.774 pour l'an 1906 de M. Frost, nous obtenons avec notre valeur de T☊ pour l'an 1914.

$$P = 0^d.190478$$

C'est à dire une valeur assez proche à $P = 0^d.190479$ de M. Frost.

Les éléments de β Cephei donnés plus haut sont assez intéressants.

Nous pouvons constater la variation rapide de γ. D'après M. Frost pour 1906 $\gamma = -5$ km., nos mesures nous ont donné pour 1914 $\gamma = -26.1$ km. Cette variation indique la présence d'un troisième corps dans le système de β Cephei, si nous faisons abstraction de vues les plus modernes sur la nature de Cepheides et des «Cluster-variables».

Il est encore intéressant de noter l'excentricité assez grande de β Cephei, ayant en vue la petitesse de sa période. La valeur obtenue de e contredit à la première vue le résultat bien connu de la statistique sur la relation entre les périodes de revolutions et les excentricités dans les systèmes binaires. Mais la présence du troisième corps éclaircit cette contradiction apparente au point de vue mécanique.

Je dois témoigner ma vive reconaissance à M. Bélopolsky pour les spectrogrammes prêtés en ma disposition et ses précieux conseils.

Poulkovo — Kharkow. Septembre 1916.

Петроградъ. Типографія акц. общ. „СЛОВО". Ул. Жуковскаго, № 21—23, соб. д.

10 Octobre V.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	—1.2	—0.9	— 8	— 6
407.0	+1.9		+13	
Hδ	+2.2		+14	
414.4	—0.1		— 1	
Hγ	+0.5	0.0	+ 5	0
438.8	—1.0	—0.7	—11	— 8
447.2	+0.2	—0.4	+ 2	— 4
			+ 2	— 4
		moyenne	— 1	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—17 km.	

11 Octobre I.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	+0.8	+2.4	+ 5	+15
407.0	+1.4	+1.8	+10	+13
Hδ	+1.4	+1.4	+10	+10
412.1 } 414.4 }	—1.0	+0.8	— 8	+ 6
Hγ	0.0	+1.2	0	+12
438.8	—0.1	—0.5	— 1	— 6
447.2 } 448.1 }	0.0	—1.2	0	—14
			+ 1	+ 5
		moyenne	+ 3	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—13 km.	

11 Octobre II.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	0.0	+0.1	0	+ 1
407.0 } 407.6 } 408.9 }	+0.2	—0.3	+ 1	— 2
Hδ		—0.2		— 1
414.4	—0.8	—1.1	— 6	— 8
Hγ	+0.2	—0.3	+ 2	— 3
438.8	—0.3	—0.5	— 3	— 6
447.2	—0.2	+0.6	— 2	+ 7
			— 1	— 2
		moyenne	— 2	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—18 km.	

11 Octobre III.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	+0.2	+0.5	+ 1	+ 3
407.0	—0.4		— 2	
Hδ	—1.3	+0.1	— 9	+ 1
414.4	—2.4		—19	
Hγ	—0.9	—0.1	— 9	— 1
438.8	—2.4	—0.6	—26	— 6
447.2	—2.4	0.0	—28	0
			—13	— 1
		moyenne	— 7	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—23 km.	

11 Octobre IV.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	+0.6	—2.0	+ 4	—13
407.0	—0.9		— 6	
Hδ	—1.8	—1.6	—13	—11
414.4	—2.8	—0.9	—22	— 7
Hγ	—1.5	—1.5	—15	—15
438.8	—1.3	—1.6	—14	—17
447.2	—1.4	—1.4	—16	—16
			—12	—13
		moyenne	—12	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—28 km	

11 Octobre V.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	—1.6		—10	
407.0	—2.0		—14	
Hδ	—4.2		—30	
414.4	—1.0		— 8	
Hγ	—1.8		—18	
438.8	—2.7		—29	
447.2	—3.6		—42	
			—22	
		moyenne	—22	
		v_o	—19	
		v_a	+ 3	
		v	—38 km.	

12 Octobre I.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−3.2	−4.3	−20	−27
407.0	} −3.0		−21	
407.6		−3.1		−20
408.9	} −3.4		−24	
Hδ		−3.5	−25	−25
412.1	} −4.8		−36	
414.4		−2.7	−37	−21
Hγ	−2.5	−1.8	−25	−19
438.8	−2.5	−1.9	−27	−20
447.2	−2.2	−1.0	−26	−12
			−26	−21
		moyenne	−24	
		v_o	−19	
		v_a	+ 3	
		v	−40 km.	

12 Octobre II.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−4.2	−3.9	−27	−25
407.0	} −3.6		−25	
407.6		−3.5		−24
408.9	} −3.4		−24	
Hδ		−3.3	−25	−24
412.1	} −3.4		−26	
414.4		−2.8		−22
Hγ	−3.4	−2.4	−34	−24
438.8	−2.8	−2.4	−30	−26
447.2	−3.0	−2.6	−35	−30
			−29	−25
		moyenne	−27	
		v_o	−19	
		v_a	+ 3	
		v	−43 km.	

12 Octobre III.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−4.2	−3.2	−27	−20
407.0	} −2.6		−18	
407.6		−3.4		−24
408.9	} −3.8		−27	
Hδ		−3.1	−28	−22
412.1	} −3.6		−27	
414.4		−2.9	−28	−22
Hγ	−3.6	−3.4	−36	−34
438.8	−3.0	−2.6	−32	−27
447.2	−2.4	−2.1	−28	−25
			−28	−25
		moyenne	−26	
		v_o	−19	
		v_a	+ 3	
		v	−42 km	

12 Octobre IV.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−1.6	−3.9	−10	−25
407.0	} −2.8		−19	
407.6		−3.5	−20	−25
408.9	} −3.9		−28	
Hδ		−3.6		−26
412.1	} −4.4		−33	
414.4		−3.1	−34	−24
Hγ	−3.3	−2.3	−33	−23
438.8	−3.4	−2.8	−36	−30
447.2	−2.3	−2.2	−27	−25
			−27	−25
		moyenne	−26	
		v_o	−19	
		v_a	+ 3	
		v	−42 km	

13 Octobre I.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−0.8	−1.6	− 5	−10
407.0	} +0.8		(+ 6)	
407.6		−1.4		−10
Hδ	−2.0	−1.6	−14	−12
414.4	−2.2	−1.5	−17	−12
Hγ	−1.2	−1.2	−12	−12
438.8	−0.8	−1.0	− 8	−12
447.2	−1.4	−0.9	−16	−10
			−12	−11
		moyenne	−12	
		v_o	−19	
		v_a	+ 3	
		v	−28 km	

13 Octobre II.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	+1.4	0.0	+9	0
407.0	+1.2		+8	
407.6		+0.2		+1
Hδ	0	−0.4	0	−2
412.1	−1.1		−8	
414.4		−1.2		−9
425.4	−0.8		−7	
426.8				
Hγ	−0.9	+0.1	−9	+1
438.8	−1.0	−0.8	−11	−8
447.2	−0.4	−0.7	−5	−8
			−3	−3
		moyenne	−3	
		v_o	−19	
		v_a	+3	
		v	−19 km.	

16 Octobre I.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−1.8	−3.5	−12	−23
407.0	−1.6		−11	
407.6		−3.9		−27
Hδ	−3.6	−4.0	−26	−29
412.1	−2.6		−20	
414.4		−3.4		−26
Hγ	−1.4	−3.1	−14	−32
438.8	−1.2	−2.4	−13	−26
447.2	−2.5	−2.4	−29	−29
			−18	−27
		moyenne	−22	
		v_o	−19	
		v_a	+2	
		v	−39 km.	

16 Octobre II.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−7.4	−5.9	−47	−38
407.0	−4.0		−28	
407.6		−4.0		−28
Hδ	−4.2	−4.2	−30	−31
412.1	−3.7		−28	
414.4		−3.7		−20
Hγ	−1.9	−1.7	−19	−17
438.8	−1.0	−0.8	−11	−9
447.2	−2.8	−3.1	−36	−36
			−28	−27
		moyenne	−28	
		v_o	−19	
		v_a	+2	
		v	−45 km.	

16 Octobre III.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−3.2	−4.1	−20	−26
407.0	−3.2		−22	
407.6		−3.5		−24
408.9	−3.6		−25	
Hδ		−3.4		−24
414.4		−3.1		−24
Hγ	−2.8	−3.3	−28	−33
438.8	−1.2	−2.2	−13	−24
447.2	−1.4	−2.8	−16	−33
			−21	−27
		moyenne	−24	
		v_a	−19	
		v_o	+2	
		v	−41 km	

16 Octobre IV.

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
402.6	−1.4	−2.6	−9	−17
407.0				
407.6	−2.8	−2.2	−20	−15
Hδ		−2.7		−20
412.1	−2.4		−18	
414.4		−2.4		−18
425.4	−3.3		−30	
426.8				
Hγ (defect)	−2.9	−2.4	−29	−24
438.8	−1.0	−1.5	−11	−16
447.2	−1.6	−1.4	−19	−16
			−19	−18
		moyenne	−18	
		v_o	−19	
		v_a	+2	
		v	−35 km.	

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
17 Octobre I.				
402.6	—1.6	—2.5	—10	—16
407.0				
407.6	—2.4	—2.7	—17	—19
Hδ		—1.5		—11
414.4	—2.3	—2.9	—18	—22
Hγ	—3.2	—2.7	(—32)	—27
438.8	—2.2	—2.0	—24	—22
447.2	—2.3	—2.4	—27	—28
			—19	—21
moyenne			—20	
v_o			—19	
v_a			+ 2	
v			—37 km.	
17 Octobre II.				
402.6	—2.0	—1.4	—13	— 9
407.0	—1.8		—12	
407.6		—1.4		—10
Hδ	—2.0	—1.4	—14	—10
412.1	—2.1		—16	
414.4		—1.8		—14
Hγ	—2.1	—1.0	—21	—10
438.8	—3.3	—2.2	(—35)	—24
447.2	—1.7	—1.3	—20	—15
			—16	—13
moyenne			—14	
v_o			—19	
v_a			+ 2	
v			—31 km.	
17 Octobre III.				
402.6		—0.2		(— 1)
407.0				
407.6	—0.6	—2.2	— 4	—16
408.9				
Hδ	—1.2	—1.4	— 9	—10
Hγ		—2.1		—22
438.8	—1.2	—1.2	—13	—13
447.2	—1.0	—0.8	—12	—10
			— 9	—14
moyenne			—12	
v_o			—19	
v_a			+ 2	
v			—29 km.	

λ	Δ B.	Δ H.	v B.	v H.
17 Octobre IV.				
402.6	+0.2	+0.6	+ 1	+ 4
407.0	+0.9		+ 6	
407.6		+0.1		+ 1
Hδ	+1.2	+0.5	+ 9	+ 4
412.1	—0.7		— 5	
414.4		—0.8		— 6
Hγ	+1.0	—0.5	+10	— 5
438.8	—0.6		— 6	
			+ 2	0
moyenne			+ 1	
v_o			—19	
v_a			+ 2	
v			—16 km.	
20 Octobre I.				
402.6		—1.0		
407.0	—2.4		—15	
407.6		—0.8		
Hδ	—2.6		—19	
412.1	—4.1		—30	
414.4				
425.4	—4.0		—37	
426.8				
Hγ	—3.0		—31	
438.8				
447.2	—3.0		—35	
			—28	
moyenne			—28	
v_o			—19	
v_a			+ 1	
v			—46 km.	
20 Octobre II.				
402.6	—4.5	—5.0	—29	—32
407.0	—3.4		—24	
407.6		—4.2		—28
Hδ	—3.7	—3.5	—27	—26
412.1	—4.8		—36	
414.4		—4.8		—37